

OTIMIZAÇÃO MULTIDISCIPLINAR EM VEÍCULOS AERESPACIAIS

José Viriato Coelho Vargas

Departamento de Engenharia Mecânica

Universidade Federal do Paraná

Caixa Postal 19011

Curitiba, PR - 81531-990

Tel: (41) 361-3307 - Fax: (41) 361-3129

e-mail: jvargas@demec.ufpr.br

INTRODUÇÃO

Um veículo aeroespacial é composto de um complexo conjunto de diferentes subsistemas de engenharia que necessitam operar em perfeita harmonia e com margens de projeto bastante restritas. A exploração do espaço continua a representar um enorme desafio para a humanidade. Uma aeronave é reconhecidamente um sistema que opera sob grandes restrições de consumo energético. Portanto, desde o surgimento da aviação, diferentemente de outras áreas da Engenharia, a necessidade de mínimo consumo e máxima obtenção de trabalho útil obrigou os engenheiros de aviação a desenvolverem técnicas de otimização para os inúmeros sistemas que compõem uma aeronave. No entanto, a crescente complexidade e diversidade dos equipamentos de um veículo aeroespacial coloca barreiras cada vez mais difíceis de serem superadas por técnicas convencionais de otimização. É necessário, portanto, o desenvolvimento e proposta de novas metodologias, que eventualmente venham a viabilizar a otimização da suíte de subsistemas integrados de uma aeronave.

FORÇA AÉREA DOS ESTADOS UNIDOS

O laboratório de Pesquisas da Força Aérea dos Estados Unidos (AFRL) está atualmente revisando o seu plano de pesquisas para o milênio, com ênfase no desenvolvimento de tecnologia para veículos trans-atmosféricos e veículos aéreos não tripulados. Uma das alternativas em análise é a chamada

metodologia de Síntese do Ótimo Termodinâmico para um veículo aéreo completo. O planejamento consiste em uma primeira fase de desenvolvimento de pesquisa teórica, seguida de um programa de demonstração de vôo para um veículo aéreo projetado inteiramente pelo uso dessa metodologia.

O MÉTODO DA MINIMIZAÇÃO DA GERAÇÃO DE ENTROPIA

O método da minimização da geração de entropia (EGM) é um método de otimização baseado nas leis da termodinâmica e nos mecanismos físicos e restrições do sistema de engenharia. A primeira e a segunda leis da termodinâmica, combinadas, estabelecem que a exergia (trabalho, energia útil disponível) destruída durante a operação de um sistema ou processo real é proporcional a entropia total gerada pelo sistema. Esta conclusão é conhecida como o teorema de Gouy-Stodola. A entropia gerada é “total” porque inclui a porção gerada no interior da instalação física e a porção gerada nas vizinhanças que são afetadas (por exemplo aquecidas) pelo sistema durante a operação.

Um dos maiores desafios na otimização dos sistemas integrados de uma aeronave é o caráter multidisciplinar dos sistemas físicos envolvidos (sistemas de controle ambiental e gerenciamento térmico, propulsão, potência secundária, sistemas hidráulicos e pneumáticos, etc). Diante desta diversidade e multiplicidade de parâmetros de operação e projeto a otimizar, o método da minimização da geração de entropia surge como uma alternativa atraente, uma vez que todos os sistemas geram entropia.

BOEING/MCDONNEL DOUGLAS

A empresa Boeing/McDonnel Douglas desenvolve atualmente, em conjunto com a Força Aérea dos Estados Unidos e a Universidade de Duke um projeto de pesquisa para otimização de veículos aeroespaciais baseado no método da minimização da geração de entropia. O projeto está dividido em várias fases, considerando os diferentes níveis de problemas de otimização termodinâmica que são encontrados no desenvolvimento de uma aeronave. Estes níveis de problemas podem ser estruturados como uma pirâmide, com a base sendo constituída pelos milhares de componentes que devem ser otimizados individualmente. A próxima camada da pirâmide, mais alta e mais estreita é a de subsistemas simples a serem otimizados. Cada um destes consiste de um conjunto de componentes que operam juntos para realizar alguma função (por exemplo um sistema de refriamento de líquidos composto de uma bomba, um reservatório de fluido, trocadores de calor, o fluido de trabalho, etc.). A camada seguinte da pirâmide, e ainda mais estreita, é a dos principais subsistemas de energia da aeronave (por exemplo, combustível, propulsão, hidráulico, elétrico, controle ambiental, etc.) que consiste de um conjunto de subsistemas mais simples que operam juntos. Finalmente, o cume da pirâmide é a suíte de subsistemas integrados que consiste do conjunto inteiro de subsistemas de energia principais operando simultaneamente. A série de problemas proposta no projeto segue esta progressão desde o nível do componente até o nível da suíte de subsistemas integrados. O cálculo e minimização da geração de entropia em todos os níveis da pirâmide é o fator de uniformização da linguagem de projeto, para a otimização de parâmetros de projeto e operação, para que se atinja o melhor equilíbrio num projeto aeroespacial. A Figura 1 mostra a distribuição da exergia disponível pelos diversos sistemas que compõem uma aeronave típica.

Como exemplo para caracterização das fases em desenvolvimento no projeto, cita-se a otimização da arquitetura da suíte de subsistemas integrados que é o problema de mais alto nível, ou mais complexo de otimização dos sistemas termodinâmicos da aeronave, imediatamente acima da otimização de subsistemas individuais. O objetivo nesta fase é o de determinar a arquitetura que impõe a mínima penalidade ao desempenho da aeronave para a aplicação que se propõe. O termo “suíte de subsistemas integrados” se refere a combinação de sistemas termodinâmicos de todos os tipos (i.e., unidades de refrigeração e geração de energia, sistemas de transmissão de potência, inclusive elétrica, sistemas de transporte de calor, combustível, etc.) que devem operar em conjunto e desempenhar as funções requeridas pela aeronave. Estas funções incluem, entre outras: potência hidráulica para controle de vôo e atuação dos trens de pouso; potência elétrica para luzes e eletrônica de aviação (aviônica); potência de eixo para partida de motores a jato; controle de pressão, temperatura e ventilação de cabine; resfriamento de aviônicos; distribuição de combustível, etc.

Na atualidade, restrições econômicas limitam os esforços de desenvolvimento para a avaliação rigorosa de somente partes da suíte. Obviamente, esta situação indica que a arquitetura selecionada não é de fato a melhor possível (ótima) para a aplicação. O método de minimização da geração de entropia, utilizado no projeto é uma alternativa para a viabilização da otimização integral da suíte.

PARTICIPAÇÃO BRASILEIRA

O Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Federal do Paraná-UFPR, através do Laboratório de Energia e Ciências Térmicas, tem atuado neste projeto Boeing, junto a Universidade de Duke, nos Estados Unidos, desde 1997.

A participação consiste no desenvolvimento de modelos

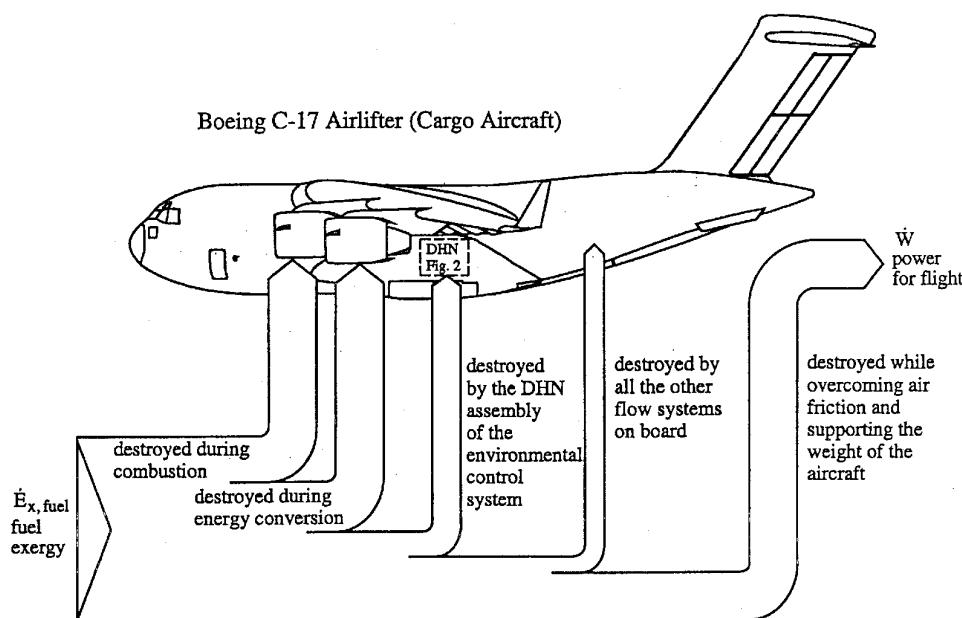


Fig. 1 – Distribuição da exergia disponível entre os sistemas de uma aeronave típica.

matemáticos para obtenção da geração de entropia de subsistemas simples, no segundo nível da pirâmide de sistemas da aeronave, para posterior otimização. Numa parte experimental, um túnel de vento criogênico está em construção para validação dos resultados numéricos do modelo matemático, para casos específicos. O subsistema simples em otimização é o sistema de refrigeração por ciclo a ar e o circuito de troca de calor entre o ar interno e externo.

CONCLUSÕES

Este artigo apresentou os desafios atuais para a otimização de projeto de veículos aeroespaciais e uma breve

explicação sobre o planejamento e a aplicação de novas técnicas de otimização por Instituições importantes nos Estados Unidos; com a participação técnica brasileira.

A mais importante conclusão é que considerada a multiplicidade e interdisciplinaridade dos sistemas envolvidos no projeto de uma aeronave, a pesquisa tema deste artigo não é uma questão fechada. Ao contrário, o método da minimização da geração de entropia é uma alternativa, portanto, novas metodologias necessitam serem propostas.

Outra reflexão importante é a de que a interface entre as áreas da Engenharia torna-se cada vez menos evidente, o que requer um significativo aumento da exigência na formação do engenheiro moderno.